

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-258588

出 願 人

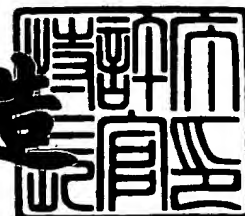
Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年 5月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3041137

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00003

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 沖野 輝昭

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100100413

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡部 温

【選任した代理人】

【識別番号】 100110858

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳瀬 睦肇

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033189

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0003412

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子線転写露光方法及びデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 感応基板上の特定範囲に転写すべきパターンの少なくとも一部を、複数の小領域（サブフィールド）に分割してレチクル上に形成し、

前記レチクルを前記サブフィールド毎に荷電粒子線ビームで照明し、

前記レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上の特定範囲に投影結像させて転写する荷電粒子線転写露光方法であって；

前記複数のサブフィールドを格子状に前記レチクル上に配置し、格子の 1 方向（X 方向）に前記荷電粒子線ビームを順次偏向させて X 方向に延びる前記サブフィールドの列（マイナーストライプ）を照明し、

前記 X 方向と交差する方向（Y 方向）に並ぶ一つ又は複数のマイナーストライプを単位領域として、該単位領域内のサブフィールドを荷電粒子線ビームで複数回なぞるように露光することを特徴とする荷電粒子線転写露光方法。

【請求項 2】 感応基板上の特定範囲に転写すべきパターンの少なくとも一部を、複数の小領域（サブフィールド）に分割してレチクル上に形成し、

前記レチクルを前記サブフィールド毎に荷電粒子線ビームで照明し、

前記レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上の特定範囲に投影結像させて転写する荷電粒子線転写露光方法であって；

前記複数のサブフィールドを格子状に前記レチクル上に配置し、

格子状に配置した前記サブフィールドの一群（メジャーストライプ）を単位領域として、ステージ移動を複数回繰り返すとともに該メジャーストライプ内のサブフィールドを荷電粒子線ビームで複数回なぞるように露光することを特徴とする荷電粒子線転写露光方法。

【請求項 3】 荷電粒子線を用いるリソグラフィー工程において、請求項 1 又は 2 記載の荷電粒子線転写露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に、半導体集積回路等のリソグラフィーに用いられる荷電粒子線転写露光方法に関する。また、そのような荷電粒子線転写露光方法を用いてリソグラフィー工程を行うデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体集積回路の集積度はますます増大し、その回路パターンは一層微細化している。当然、微細なパターンのレイヤー間での位置の重ね合わせに関しても高精度が要求されている。

従来、半導体ウェハのパターン転写には光ステッパーが主に用いられてきた。この転写のための原版となるレチクルは電子線で描画作成するのが通常である。

【0003】

より高集積・超微細のパターンを露光するため、各ウェハの露光にも電子線露光を用いるとの提案が従来よりなされている。

しかしながら、電子線露光はスループットが低いのが欠点であり、この欠点を解消すべく様々な技術開発がなされてきた。現在では、セルプロジェクション、キャラクタープロジェクションあるいはブロック露光と呼ばれる図形部分一括露光方式が実用化されている。図形部分一括露光方式では、繰り返し性のある回路小パターン（ウェハ上で5 $\mu$ m角程度）を、同様の小パターンが複数種類形成されたマスクを用いて、1個の小パターンを一単位として繰り返し転写露光を行う。しかし、この方式でも、繰り返し性のないパターン部分については可変成形方式の描画を行う。

【0004】

一方、図形部分一括露光方式よりも飛躍的に高いスループットをねらう電子線転写露光方式として、一個の半導体チップ全体の回路パターンを備えたレチクルを準備し、そのレチクルのある範囲に電子線を照射し、その照射範囲のパターンの像を投影レンズにより縮小転写する電子線縮小転写装置が提案されている。

【0005】

この種の装置では、マスクの全範囲に一括して電子線を照射して一度にパター

ンを転写しようとする、精度良くパターンを転写することができない。また、原版となるマスクの製作が困難である。そこで、最近精力的に検討されている方式は、1ダイ（ウェハ上のチップ）又は複数ダイを一度に露光するのではなく、光学系としては大きな光学フィールドを持つが、パターンは小さな領域（サブフィールド）に分割して転写露光するという方式である（ここでは分割転写方式と呼ぶこととする）。この際この小領域毎に、被露光面上に結像される前記小領域の像の焦点やフィールドの歪み等の収差等を補正しながら露光する。これにより、ダイ全体の一括転写に比べて、光学的に広い領域にわたって解像度並びに精度の良い露光を行うことができる。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

レチクル上を荷電粒子線で照射すると、荷電粒子線とレチクルの相互作用により熱が発生する。そこで、レチクルに薄いメンブレンを用いることにより、荷電粒子線の吸収が少なくなるように工夫している。しかしながら、サブフィールドの温度上昇はゼロとなることはなく、レチクルには歪が発生する。この歪の具体例については、詳しくは後述するが、ウェハ上で5nm程度のズレに結びつくおそれがある。このレチクルの歪により、ウェハ上でパターンの位置ずれが起きてしまい、レイヤー間のオーバーレイ精度、サブフィールドのつなぎ精度が低下し、結果的に作成した半導体デバイスの性能が低下してしまう。

## 【0007】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、露光の際、荷電粒子照射によるレチクルの温度上昇を抑制でき、レチクルの熱膨張によるウェハ上のパターン位置ずれを抑制でき、露光のオーバーレイ精度、サブフィールドつなぎ精度を向上できる荷電粒子線転写露光方法等を提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明の荷電粒子線転写露光方法は、感応基板上の特定範囲に転写すべきパターンの少なくとも一部を、複数の小領域（サブフィールド）に分割してレチクル上に形成し、前記レチクルを前記サブフィール

ド毎に荷電粒子線ビームで照明し、前記レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上の特定範囲に投影結像させて転写する荷電粒子線転写露光方法であって；前記複数のサブフィールドを格子状に前記レチクル上に配置し、格子の1方向（X方向）に前記荷電粒子線ビームを順次偏向させてX方向に延びる前記サブフィールドの列（マイナーストライプ）を照明し、前記X方向と交差する方向（Y方向）に並ぶ一つ又は複数のマイナーストライプを単位領域として、該単位領域内のサブフィールドを荷電粒子線ビームで複数回なぞるように露光することを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

つまり、複数回の露光で所要の露光ドーズを得るので一回の照明ビームの電流強度は低くできる。そのためレチクルの温度上昇と熱膨張を抑制できる。その結果、レチクルの熱膨張によるウェハ上のパターン位置ずれを抑制でき、露光のオーバーレイ精度、サブフィールドつながり精度を向上できる。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の荷電粒子線転写露光方法は、前記レチクル上に格子状に配置した前記サブフィールドの一群（メジャーストライプ）を単位領域として、ステージ移動を複数回繰り返すとともに該メジャーストライプ内のサブフィールドを荷電粒子線ビームで複数回なぞるように露光することを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

本発明のデバイス製造方法は、荷電粒子線を用いるリソグラフィー工程において、請求項1又は2記載の荷電粒子線転写露光方法を用いることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ説明する。

まず、分割転写方式の電子線投影露光技術の概要を説明する。

図2は、分割転写方式の電子線投影露光装置の光学系全体における結像関係及び制御系の概要を示す図である。

## 【 0 0 1 3 】

光学系の最上流に配置されている電子銃 1 は、下方に向けて電子線を放射する。電子銃 1 の下方には 2 段のコンデンサレンズ 2、3 が備えられており、電子線は、これらのコンデンサレンズ 2、3 によって収束されブランキング開口 7 にクロスオーバー C.O. 像を結像する。

## 【 0 0 1 4 】

二段目のコンデンサレンズ 3 の下には、矩形開口 4 が備えられている。この矩形開口（照明ビーム成形開口）4 は、レチクル（マスク）10 の一つのサブフィールド（露光の 1 単位となるパターン小領域）を照明する照明ビームのみを通過させる。具体的には、開口 4 は、照明ビームをレチクルサイズ換算で例えば 0.5 ～ 5 mm 角の正方形に成形する。この開口 4 の像は、レンズ 9 によってレチクル 10 に結像される。

## 【 0 0 1 5 】

ビーム成形開口 4 の下方には、ブランキング偏向器 5 が配置されている。同偏向器 5 は、照明ビームを偏向させてブランキング開口 7 の非開口部に当て、ビームがレチクル 10 に当たらないようにする。

ブランキング開口 7 の下には、照明ビーム偏向器 8 が配置されている。この偏向器 8 は、主に照明ビームを図 2 の左右方向（X 方向）に順次走査して、照明光学系の視野内にあるレチクル 10 の各サブフィールドの照明を行う。偏向器 8 の下方には、照明レンズ 9 が配置されている。照明レンズ 9 は、レチクル 10 上にビーム成形開口 4 を結像させる。

## 【 0 0 1 6 】

レチクル 10 は、図 2 では光軸上の 1 サブフィールドのみが示されているが、実際には（図 3 を参照しつつ後述）光軸垂直面内（X-Y 面）に広がっており多数のサブフィールドを有する。レチクル 10 上には、全体として一個の半導体デバイスチップをなすパターン（チップパターン）が形成されている。

## 【 0 0 1 7 】

レチクル 10 は移動可能なレチクルステージ 11 上に載置されており、レチクル 10 を光軸垂直方向（Y-X 方向）に動かすことにより、照明光学系の視野よりも広い範囲に広がるレチクル上の各サブフィールドを照明することができる。

レチクルステージ 11 には、レーザ干渉計を用いた位置検出器 12 が付設されており、レチクルステージ 11 の位置をリアルタイムで正確に把握することができる。

#### 【0018】

レチクル 10 の下方には投影レンズ 15 及び 19 並びに偏向器 16 が設けられている。レチクル 10 のあるサブフィールドを通過した電子線は、投影レンズ 15、19、偏向器 16 によってウェハ 23 上の所定の位置に結像される。投影レンズ 15、19 及び偏向器 16（像位置調整偏向器）の詳しい作用については、図 4 を参照して後述する。ウェハ 23 上には適当なレジストが塗布されており、レジストに電子線のドーズが与えられ、レチクル上のパターンが縮小されてウェハ 23 上に転写される。

#### 【0019】

なお、レチクル 10 とウェハ 23 の間を縮小率比で内分する点にクロスオーバー像 C.O. が形成され、同クロスオーバー像位置にはコントラスト開口 18 が設けられている。同開口 18 は、レチクル 10 の非パターン部で散乱された電子線がウェハ 23 に到達しないよう遮断する。

#### 【0020】

ウェハ 23 の直上には反射電子検出器 22 が配置されている。この反射電子検出器 22 は、ウェハ 23 の被露光面やステージ上のマークで反射される電子の量を検出する。例えばレチクル 10 上のマークパターンを通過したビームでウェハ 23 上のマークを走査し、その際のマークからの反射電子を検出することにより、レチクル 10 と 23 の相対的位置関係を知ることができる。

#### 【0021】

ウェハ 23 は、静電チャック（図示されず）を介して、XY 方向に移動可能なウェハステージ 24 上に載置されている。上記レチクルステージ 11 とウェハステージ 24 とを、互いに逆の方向に同期走査することにより、チップパターン内で多数配列されたサブフィールドを順次露光することができる。なお、ウェハステージ 24 にも、上述のレチクルステージ 11 と同様の位置検出器 25 が装備されている。



## 【0022】

上記各レンズ2、3、9、15、19及び各偏向器5、8、16は、各々のコイル電源制御部2a、3a、9a、15a、19a及び5a、8a、16aを介してコントローラ31によりコントロールされる。また、レチクルステージ11及びウェハステージ24も、ステージ制御部11a、24aを介して、制御部31によりコントロールされる。ステージ位置検出器12、25は、アンプやA/D変換器等を含むインターフェース12a、25aを介してコントローラ31に信号を送る。また、反射電子検出器22も同様のインターフェース22aを介してコントローラ31に信号を送る。

## 【0023】

コントローラ31は、ステージ位置の制御誤差を把握し、その誤差を像位置調整偏向器16で補正する。これにより、レチクル10上のサブフィールドの縮小像がウェハ23上の目標位置に正確に転写される。そして、ウェハ23上で各サブフィールド像が繋ぎ合わされて、レチクル上のチップパターン全体がウェハ上に転写される。

## 【0024】

次に、分割転写方式の電子線投影露光に用いられるレチクルの詳細例について、図3を用いて説明する。

図3は、電子線投影露光用のレチクルの構成例を模式的に示す図である。(A)は全体の平面図であり、(B)は一部の斜視図であり、(C)は一つの小メンブレン領域の平面図である。このようなレチクルは、例えばシリコンウェハに電子線描画・エッチングを行うことにより製作できる。

## 【0025】

図3(A)には、レチクル10における全体のパターン分割配置状態が示されている。同図中に多数の正方形41で示されている領域が、一つのサブフィールドに対応したパターン領域を含む小メンブレン領域(厚さ $0.1\mu\text{m}$ ～数 $\mu\text{m}$ )である。図3(C)に示すように、小メンブレン領域41は、中央部のパターン領域(サブフィールド)42と、その周囲の額縁状の非パターン領域(スカート43)とからなる。サブフィールド42は転写すべきパターンの形成された部分

である。スカート43はパターンの形成されていない部分であり、照明ビームの縁の部分が当たる。パターン形成の形態としては、メンブレンに孔開き部を設けるステンシルタイプと、電子線の高散乱体からなるパターン層を低散乱体からなるメンブレン上に形成する散乱メンブレンタイプとがある。

## 【0026】

一つのサブフィールド42は、現在検討されているところでは、レチクル上で0.5～5mm角程度の大きさを有する。投影の縮小率を1/5とすると、サブフィールドがウェハ上に縮小投影された投影像の大きさは、0.1～1mm角である。小メンブレン領域41の周囲の直交する格子状のグリレージと呼ばれる部分45は、レチクルの機械強度を保つための、例えば厚さ0.5～1mm程度の梁である。グリレージ45の幅は、例えば0.1mm程度である。なお、スカート43の幅は、例えば0.05mm程度である。

## 【0027】

図3(A)に示すように、図の横方向(X方向)に多数の小メンブレン領域41が並んで一つのグループ(破線で囲まれたマイナーストライプ44)をなし、そのようなマイナーストライプ44が図の縦方向(Y方向)に多数並んで1つの一点鎖線で囲まれたメジャーストライプ49を形成している。マイナーストライプ44の長さ(メジャーストライプ49の幅)は電子線光学系の偏向可能視野の大きさに対応している。なお、一つのマイナーストライプ44内における隣り合うサブフィールド間に、スカートやグリレージのような非パターン領域を設けない方式も検討されている。本文ではこの場合について説明しないが、本発明はこの場合にも適用される。

## 【0028】

メジャーストライプ49は、X方向に並列に複数存在する。

隣り合うメジャーストライプ49の間にストラット47として示されている幅の太い梁は、レチクル全体のたわみを小さく保つためのものである。ストラット47はグリレージと一体で、厚さ0.5～1mm程度であり、幅は数mmである。

## 【0029】

現在有力と考えられている方式によれば、1つのメジャーストライプ49内の

X方向のサブフィールド42の列（マイナーストライプ44）は電子線偏向により順次露光される。一方、メジャーストライプ49内のY方向の列は、連続ステージ走査により順次露光される。隣のメジャーストライプ49に進む際はステージを間欠的に送る。

露光の際、スカートやグリレージ等の非パターン領域はウェハ上では消去され、各サブフィールドのパターンの像がウェハ上で繋ぎ合わせされる。

#### 【0030】

図4は、レチクルからウェハへのパターン転写の様子を模式的に示す斜視図である。図の上部にレチクル10上の1つのメジャーストライプ49の一部が示されている。メジャーストライプ49には上述のように多数のサブフィールド42（スカートについては図示省略）及びグリレージ45が形成されている。図の下部には、レチクル10と対向するウェハ23が示されている。

#### 【0031】

この図では、レチクル上のメジャーストライプ49の一番手前のマイナーストライプ44の左隅のサブフィールド42-1が上方からの照明ビームIBにより照明されている。そして、サブフィールド42-1を通過したパターンビームPBが、2段の投影レンズと像位置調整偏向器（図2参照）の作用によりウェハ23上の所定の領域52-1に縮小投影されている。

パターンビームPBは、レチクル10とウェハ23の間で、2段の投影レンズの作用により、光軸と平行な方向から光軸と交差する方向へ、そしてその逆に計2回偏向される。

#### 【0032】

ウェハ23上におけるサブフィールド像の転写位置は、レチクル10とウェハ23との間の光路中に設けられた偏向器（図2の符号16）により、各パターン小領域42に対応する被転写小領域52が互いに接するように調整される。すなわち、レチクル上のパターン小領域42を通過したパターンビームPBを第1投影レンズ及び第2投影レンズでウェハ23上に収束させるだけでは、レチクル10のパターン小領域42のみならずグリレージ45及びスカートの像までも所定の縮小率で転写することとなり、グリレージ45等の非パターン領域に相当する

無露光領域が各被転写小領域52の間に生じる。このようにならないよう、非パターン領域の幅に相当する分だけパターン像の転写位置をずらしている。

なお、X方向とY方向に1つずつの位置調整用偏向器が設けられている。

#### 【0033】

次に、レチクルからウェハへのパターン転写時における走査露光方法について説明する。

図1は、レチクル上の露光走査軌跡とウェハ上の露光走査軌跡を模式的に示す平面図である。図1(A)は、本発明の1つの実施の形態に係る荷電粒子線転写露光方法にもとづき、マイナーストライプを単位領域として、該単位領域内のサブフィールドを荷電粒子線ビームで複数回なぞるように露光したときの走査軌跡である。図1(B)は、従来の荷電粒子線転写露光方法で露光したときの走査軌跡である。図中に矢印のついた太い線で示してあるのが露光走査軌跡である。

#### 【0034】

図1(A)、(B)ともに図の左には、レチクル10上のメジャーストライプ49の一部が示されている。メジャーストライプ49には図3、4に示すようにマイナーストライプ44と多数のサブフィールド42が形成されている。

図の右には、レチクル10と対向するウェハ23上の転写像のメジャーストライプ59の一部が示されている。メジャーストライプ59には多数のサブフィールド52が形成されている。

#### 【0035】

まず、従来の露光走査方法で露光した場合について説明する。

図1(B)において、レチクル10上においてはメジャーストライプ49上にある図の一番上のマイナーストライプ44を、右端のサブフィールド42-1Rから左端のサブフィールド42-1Lへ走査した後、その下のサブフィールド42-2Lに進んで左から右に走査し、その後順次42-2R、3R、3L、4L、4Rと走査を進めている。

一方、ウェハ23上では、ストライプ59上にある図の一番下のマイナーストライプ54を、左端のサブフィールド52-1Lから右端のサブフィールド52-1Rへ走査した後、その上のサブフィールド52-2Rに進んで右から左に走

査し、その後順次 5 2 - 2 L、3 L、3 R、4 R、4 L と走査を進めている。

この際、マイナーストライプ 4 4、5 4 の長手方向（X 方向）には主にビームを偏向して走査し、マイナーストライプ 4 4、5 4 の幅方向（Y 方向）にはレチクルとウェハを機械的に移動させて走査する。

#### 【 0 0 3 6 】

この方法では電子線ビームのエネルギーが大きいため、一列のマイナーストライプの露光が終わったときに最後のサブフィールドの温度が上昇し、レチクル上に歪が発生する。例えば、電子線の加速電圧を 1 0 0 kV、メンブレンの厚みを 2  $\mu$  m、照射電流を 2 5  $\mu$  A とし、レチクル上のサブフィールドが 1 mm 角で、レジスト感度が 5  $\mu$  C/cm<sup>2</sup> という条件下で偏向方向（X 方向）のサブフィールドの一列（マイナーストライプ）を露光すると、最後のサブフィールドの温度は 2℃ 程上昇し、レチクルには 2 0 nm 程の歪が発生する。このレチクルの歪により、ウェハ上では 5 nm 程のパターンの位置ずれが起きてしまう。そして、この位置ずれにより、レイヤー間のオーバーレイ精度、サブフィールドのつなぎ精度が低下し、結果的に作成した半導体デバイスの性能が低下してしまう。

#### 【 0 0 3 7 】

次に、本発明の 1 つの実施の形態に係る走査露光方法で露光した場合について説明する。

図 1（A）において、レチクル 1 0 上においてはメジャーストライプ 4 9 上にある図の一番上のマイナーストライプ 4 4 を、右端のサブフィールド 4 2 - 1 R から左端のサブフィールド 4 2 - 1 L へ走査した後、その下のサブフィールド 4 2 - 2 L に進んで左から右に走査し、右端のサブフィールド 4 2 - 2 R に進む。その後、再び最初のサブフィールド 4 2 - 1 R に戻り、上記と同じように図の上方にある 2 列のマイナーストライプ上を順次 4 2 - 1 L、2 L、2 R と走査を進めていく。この後、再度サブフィールド 4 2 - 1 R に戻り、この 2 列のマイナーストライプ上をさらに 2 周走査する。こうして計 4 回なぞるように露光した後、4 2 - 2 R の下のサブフィールド 4 2 - 3 R に走査を進め、その左のサブフィールド 4 2 - 3 L に走査を進めていく。この後は上記と同じように 3 列目と 4 列目のマイナーストライプ上を 4 回なぞるように露光し、5 列目のマイナーストライプ

(図示せず) に走査を進めていく。

【0038】

一方、ウェハ23はレチクル10の移動に応じて、ストライプ59上にある図の一番下のマイナーストライプ54を、左端のサブフィールド52-1Lから右端のサブフィールド52-1Rへ走査した後、その上のサブフィールド52-2Rに進んで右から左に走査し、左端のサブフィールド52-2Lに進む。その後、再び最初のサブフィールド52-1Lに戻り、上記と同じように図の下方の2列のマイナーストライプ上を順次52-1R、2R、2Lと走査を進めていく。この後、再度サブフィールド52-1Lに戻り、この2列のマイナーストライプ上をさらに2周走査する。こうして計4回なぞるように露光した後、52-2Lの上のサブフィールド52-3Lに走査を進め、その右のサブフィールド52-3Rに走査を進めていく。この後は上記と同じように3列目と4列目のマイナーストライプ上を4回なぞるように露光し、5列目のマイナーストライプ(図示せず)に走査を進めていく。

【0039】

この際、Y方向の走査は次のように行う。すなわち、レチクルとウェハの機械的送りは、一定の速度で継続しながら、Y方向にビームを偏向させて複数回なぞる軌跡を実現する。なお、光学系の偏向フィールドは、Y方向にもマイナーストライプの長さ程度の高精度なフィールドを有している。

【0040】

この方法でも、走査の際には、レチクル上のサブフィールドの温度が上昇し、レチクル上に歪が発生する。しかし、電子ビームのエネルギーが従来の方法と比べて4分の1と小さいため、サブフィールドの温度上昇が少なく、レチクル上の歪も小さい。そこで、照射電流を除いて従来の走査露光方法と同じ条件下(電子線の加速電圧を100kV、メンブレンの厚みを $2\mu\text{m}$ 、照射電流を $25\mu\text{A} \div 4 = 6.25\mu\text{A}$ とし、レチクル上のサブフィールドが1mm角で、レジスト感度が $5\mu\text{C}/\text{cm}^2$ )で偏向方向のサブフィールドを露光すると、最後のサブフィールドの温度上昇は、従来の4分の1の $0.5^\circ\text{C}$ 程度に抑えられ、歪も同じく4分の1の5nm程度に抑えることができる。したがって、ウェハ上でのパターンの位置ずれも従

来の4分の1の約1nmに抑えることができる。この程度のずれであれば、レイヤー間のオーバーレイ精度、サブフィールドのつなぎ精度ともに問題はない。

【0041】

しかし、この方法では従来の方法と比べて、サブフィールド偏向移動のための静定回数が増えるため、ウェハ露光時間が増大するという問題がある。上述の2列のマイナーストライプを4回なぞるように露光する方式においては、静定時間は従来の方法に比べて4倍となり、スループットの低下を招く。しかしながら、この静定時間がウェハ露光時間全体に占める割合はさほど大きいものではないため、露光時間は全体で約1割程度の増大にとどまる。この程度であれば、十分に実用に耐えられる範囲であり、特に精度が重視される微細パターン露光を行うのに適した方法である。

【0042】

次に、本発明の他の実施の形態に係る走査露光方法について説明する。

第1の実施の形態では、2列のマイナーストライプを単位領域として、該単位領域内のサブフィールドを荷電粒子線ビームで複数回なぞるように露光した。そこで、この例では、一度に露光する範囲をさらに広げて、メジャーストライプ（図3参照）全面のサブフィールドを電子ビームで複数回なぞるように露光する。

【0043】

例えば、メジャーストライプ全面のサブフィールドを4回なぞるように露光した場合には、サブフィールドの温度上昇や、それに伴うウェハ上のパターンの位置ずれの大きさは、従来の4分の1以下になり、レイヤー間のオーバーレイ精度、サブフィールドのつなぎ精度ともに問題はない。その際、レチクルとウェハのY方向機械送りを合計4回（2往復）行う。

ところがこの方法では、サブフィールド偏向移動のための静定回数が増えるだけでなく、Y方向のステージ移動のオーバーヘッド回数も増えるため、ウェハ露光時間は第1の実施の形態の場合よりもさらに増大する。総合のオーバーヘッド時間は従来の方法に比べて4倍となり、スループットの低下を招く。しかしながら、これらの増大した時間がウェハ露光時間全体に占める割合はさほど大きいものではないため、露光時間は全体で約2割程度の増大にとどまる。

【0044】

次に上述の荷電粒子線転写露光方法を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。

図5は、微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。

【0045】

ステップ1（回路設計）では、半導体デバイスの回路設計を行う。

ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。この時、パターンについて局部的にリサイズを施すことにより近接効果や空間電荷効果によるビームボケの補正を行ってもよい。

一方、ステップ3（ウェハ製造）では、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

【0046】

ステップ4（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ5（CVD）では、ウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ6（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ7（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ8（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ9（電子ビーム露光）では、ステップ2で作ったマスクを用いて電子ビーム転写装置によって、マスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。その際、上述の露光方法を用いる。ステップ10（光露光）では、同じくステップ2で作った光露光用マスクを用いて、光ステッパーによってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。この前又は後に、電子ビームの後方散乱電子を均一化する近接効果補正露光を行ってもよい。

【0047】

ステップ11（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ12（エッチング）では、レジスト像以外の部分を選択的に削り取る。ステップ13（レジスト剥離）では、エッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。ステップ4からステップ13を繰り返し行うことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。



## 【 0 0 4 8 】

ステップ 1 4（組立）は、後工程と呼ばれ、上の工程によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 1 5（検査）では、ステップ 1 4 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成しこれが出荷（ステップ 1 6）される。

## 【 0 0 4 9 】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、以下のような変更を加えることも可能である。

（１）図 1（Ａ）に示した実施の形態においては、単位領域（２列のマイナーストライプ）上を４回なぞる例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、２回又は３回等複数回なぞることもできる。

（２）上述の実施の形態においては、マイナーストライプ上のサブフィールドを間欠的に移動する方法について説明したが、マイナーストライプ内の走査軌跡上にグリレジ、スカートが無く、マイナーストライプ内をビームが連続的に走査される場合にも適用できる。

## 【 0 0 5 0 】

## 【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、露光の際、荷電粒子照射によるレチクルの温度上昇を抑制でき、レチクルの熱膨張によるウェハ上のパターンの位置ずれを抑制でき、露光のオーバーレイ精度、サブフィールドつなぎ精度を向上できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

レチクル上の走査軌跡とウェハ上の走査軌跡を模式的に示す平面図である。図 1（Ａ）は、本発明の 1 つの実施の形態に係る荷電粒子線転写露光方法にもとづく走査軌跡である。図 1（Ｂ）は、従来の荷電粒子線転写露光方法で露光したときの走査軌跡である。

【図 2】

分割転写方式の電子線投影露光装置の光学系全体における結像関係及び制御系の概要を示す図である。

【図 3】

電子線投影露光用のレチクルの構成例を模式的に示す図である。(A)は全体の平面図であり、(B)は一部の斜視図であり、(C)は一つの小メンブレン領域の平面図である。

【図 4】

レチクルからウェハへのパターン転写の様子を模式的に示す斜視図である。

【図 5】

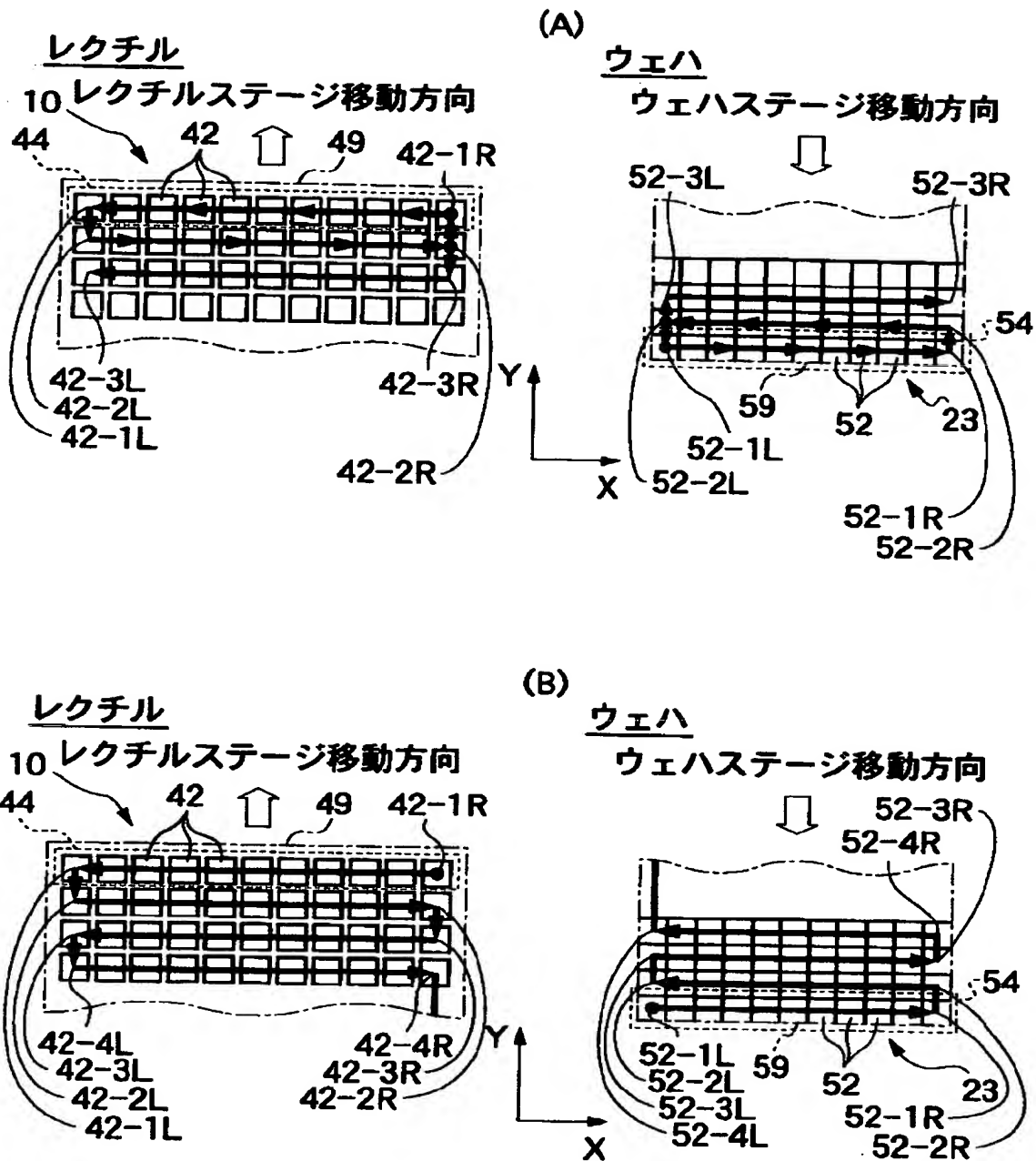
微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。

【符号の説明】

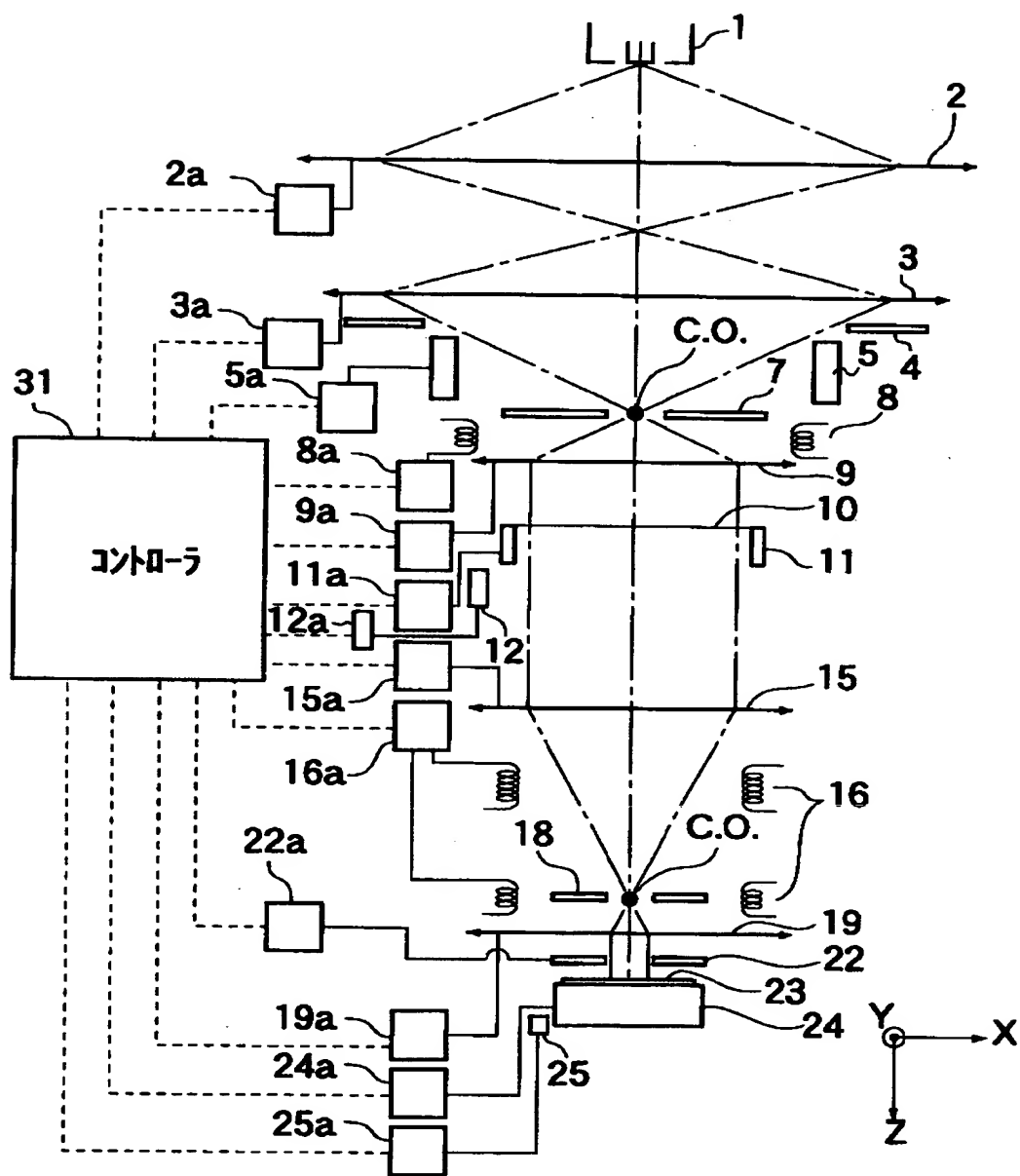
- |              |                  |
|--------------|------------------|
| 1 電子銃        | 2, 3 コンデンサレンズ    |
| 4 照明ビーム成形開口  | 5 ブランキング偏向器      |
| 7 ブランキング開口   | 8 照明ビーム偏向器       |
| 9 コンデンサレンズ   | 10 レチクル（マスク）     |
| 11 レチクルステージ  | 12 レチクルステージ位置検出器 |
| 15 第1投影レンズ   | 16 像位置調整偏向器      |
| 18 コントラスト開口  | 19 第2投影レンズ       |
| 22 反射電子検出器   | 23 ウェハ           |
| 24 ウェハステージ   | 25 ウェハステージ位置検出器  |
| 31 コントローラ    |                  |
| 41 小メンブレン領域  | 42 サブフィールド       |
| 43 スカート      | 44 マイナーストライプ     |
| 45 グリレージ     | 47 ストラット         |
| 49 メジャーストライプ | 50 チップ           |
| 52 サブフィールド   | 54 マイナーストライプ     |
| 59 メジャーストライプ |                  |

【書類名】 図面

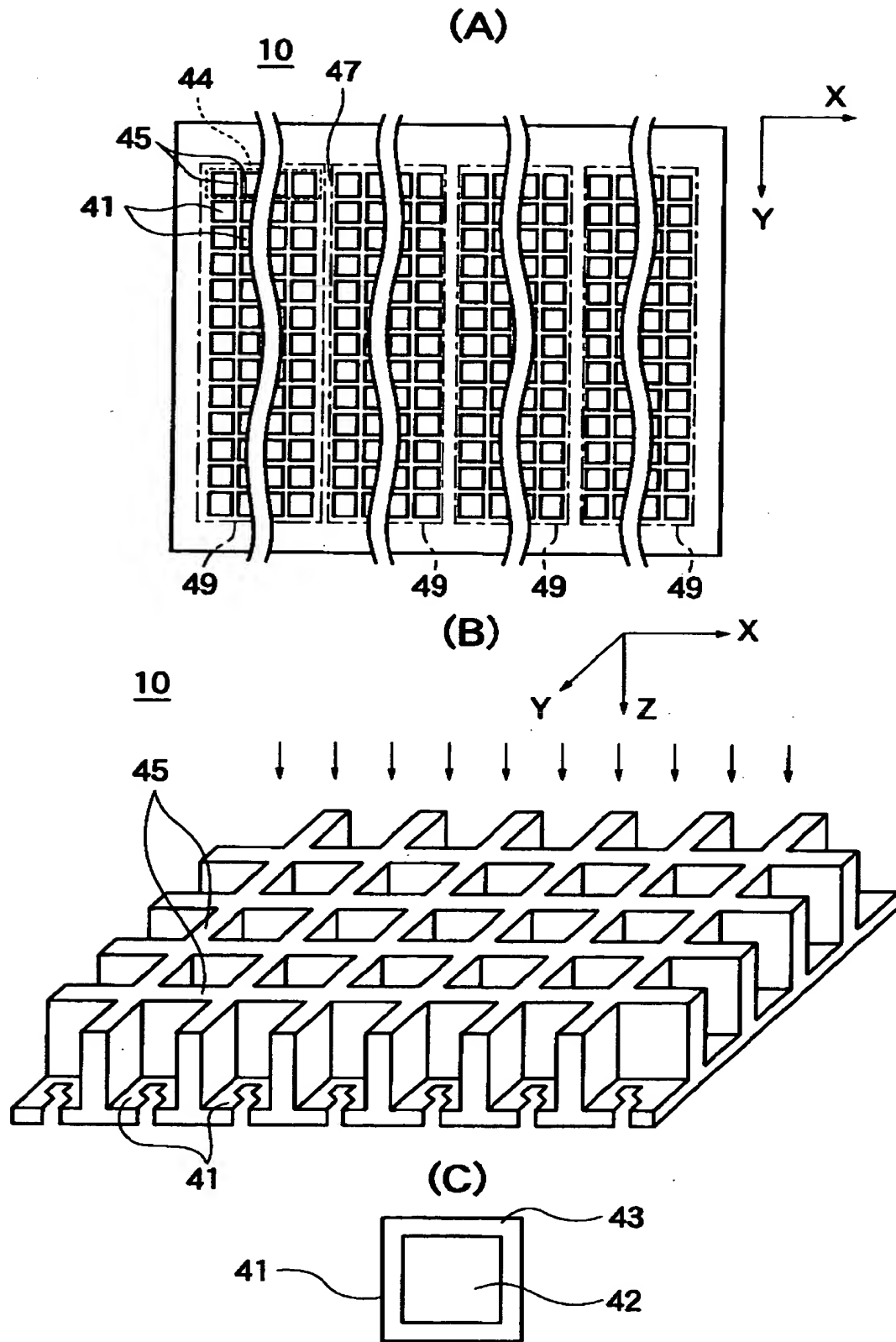
【図 1】



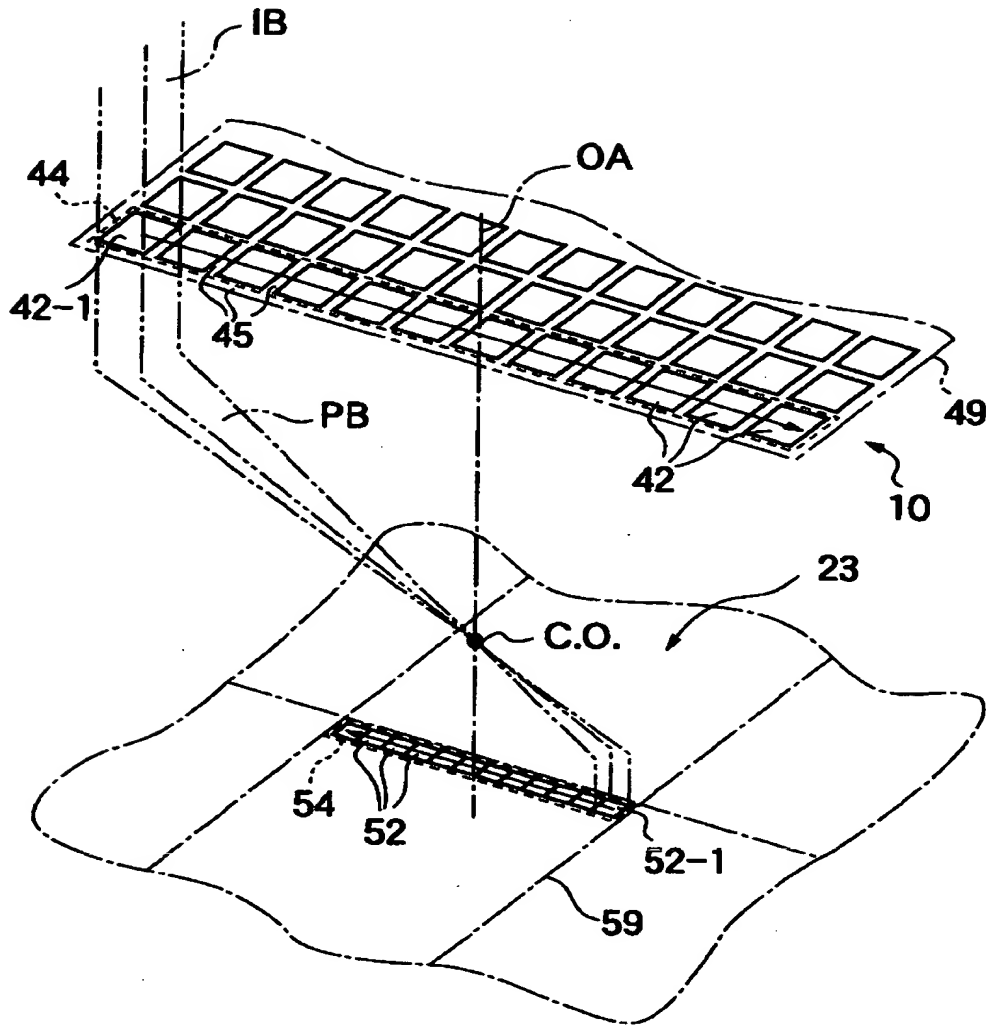
【図 2】



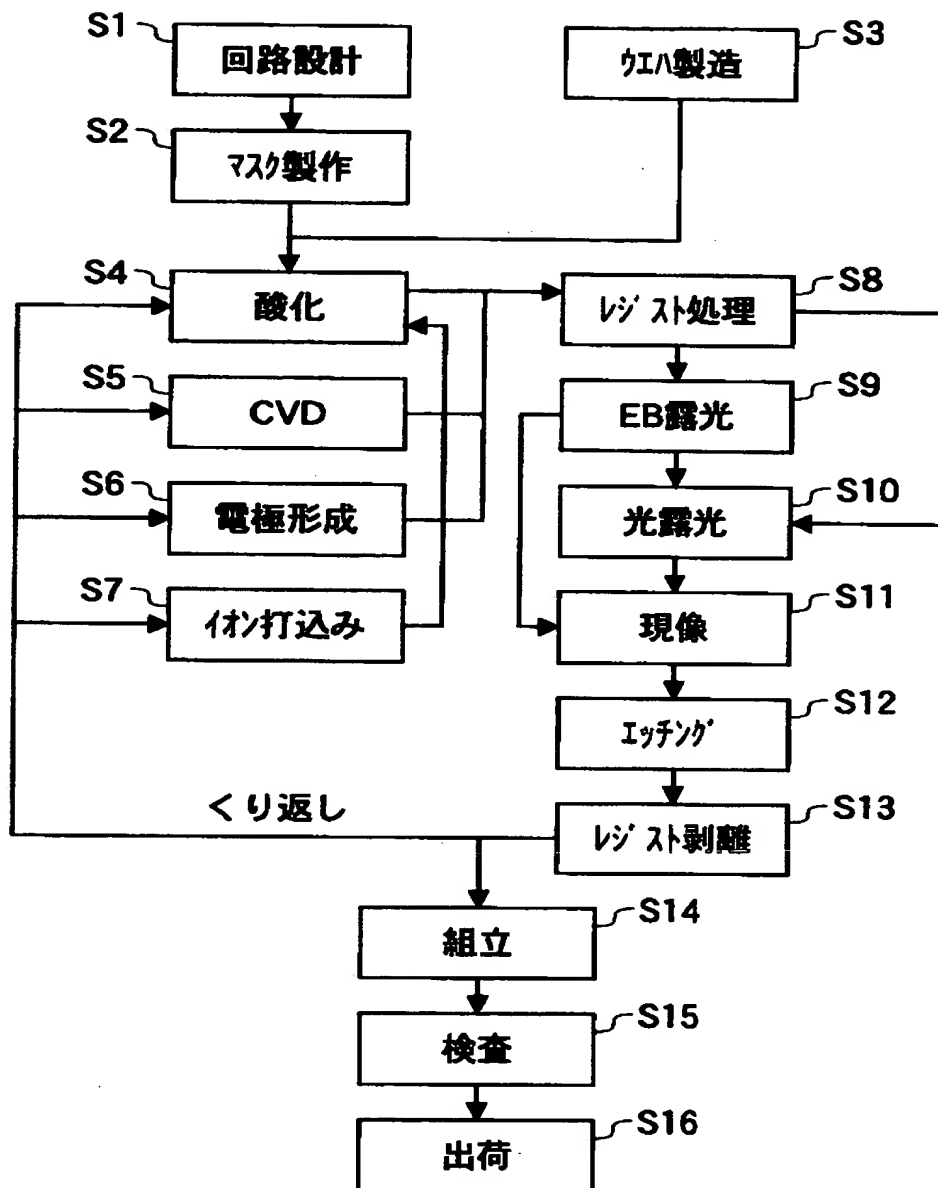
【図 3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 露光の際、荷電粒子照射によるレチクルの温度上昇を抑制できる荷電粒子線転写露光方法等を提供する。

【解決手段】 レチクル 1 0 上においてはメジャーストライプ 4 9 上にある図の一番上のマイナーストライプ 4 4 を、右端のサブフィールド 4 2 - 1 R から左端のサブフィールド 4 2 - 1 L へ走査した後、その下のサブフィールド 4 2 - 2 L に進んで左から右に走査し、右端のサブフィールド 4 2 - 2 R に進む。その後、再び最初のサブフィールド 4 2 - 1 R に戻り、この 2 列のマイナーストライプ上をさらに 3 周走査する。こうして計 4 回なぞるように露光する。

【選択図】 図 1 (A)



特 2000-258588

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-258588
受付番号	50001094506
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 8月30日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 8月29日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン